

論文

自動車メーカーからの付加価値移転 ー車載ソフトウェアにおける標準化とネットワーク外部性の観点からー

Transfer of Added Value from Car Makers - From the Viewpoint of Standardization & Network Externalities of Vehicle Control Software -

黒川文子*

Fumiko Kurokawa

Email: fkurokaw@dokkyo.ac.jp

キーワード: 自動車メーカー、付加価値、車載ソフトウェア、標準化、ネットワーク外部性

本稿では、擦り合わせ型車づくりでは競争優位を持っている日本の自動車メーカーが、今後、車載ソフトウェアの技術開発で、どのような戦略をとっていったならば、自社が獲得してきた付加価値を最大限に保っていくことができるのかを考察した。

顧客が求める新しい価値を提供するために、企業は製品に技術的变化を組み込む。その技術にネットワーク外部性が生ずる場合、部品やシステム自体、またはそのインターフェースが標準化されやすい。その新しいビジネスチャンスを狙って、標準化を得意とする新規企業が業界に参入してくる。そして既存企業の付加価値の一部または多くが、標準化を制した新規企業へ移転される可能性が高まる。

既存企業がそれを阻止するためには、標準化の導入のタイミングを勘案しながら、自社が競争力を持つ部分を維持しておくことである。一方、標準化を導入しないならば、最も効率的な独自の設計を行い、差別化することが重要である。

In this paper, I investigated the strategy of keeping the added value inside Japanese car makers when developing automotive embedded software. They have competitive advantage in making the best integrated cars. But in case of developing software which has network externality, the interface among software tends to be standardized. New companies which are good at standardization, try to enter this business fields. At the result, there is a possibility that most added value transfers from car makers to newly entered automotive embedded system companies. The solution of avoiding this transference is as follows. Car makers may wait the best timing of introducing standardization until they could get confidence of keep their competitive advantage. If they could not get confidence, they should not choose to introduce standardization. They had better rather make the most efficient specific design by themselves and make differentiation from other car makers.

*: 獨協大学経済学部

1. はじめに

日本の自動車メーカーは、車の製造技術や効率的な新車開発では競争優位を有しており、特に効率的なエンジンや燃費の良さでは業界をリードしている。しかし、近年のデジタル化の流れの中で、車の製品価値に占めるソフトウェアやサービスの割合が増加してきている。車のユーザーは、車内でインターネットにつながりさまざまな情報を必要とするようになってきた。車をステータス・シンボルとして見ることから、移動手段とみなすユーザーが増加してきており、車がコモディティ化してきた。たとえば車を所有することよりも、利用するものへと変えた例としてカー・シェアリングがある。これは車をサービス商品として見る良い例であろう。

今後、車内でのエンターテインメントや必要な情報をどの程度提供できるか、また自動操作や自動運転を安全に提供できるかということに顧客の関心が移っていくと思われる。将来はソフトウェアとそれが提供するサービスが、顧客が車を購入する際の主たる選択基準となる可能性も否定できない。そのような時が来た際、日本の自動車メーカーは今までと同様に競争優位を保てるのであろうか？

モノをインターネットでつなぐ IoT (Internet of Things) が、本格的に車にも適応する時代になると言われている。¹⁾ 車と車、車とスマートフォンがネットを介して、相互に情報を交換できるようになるであろう。さらに車の走行状態を収集したビッグデータを解析して、異常を予知できるようになる。その結果、車の省エネ、遠隔制御、的確な保守にもつながっていく。しかし、ネット接続のためには、部品に通信機能を搭載する必要がある。自動車メーカーは自動運転技術の開発途上であるが、ハンドルやブレーキを自動で制御するためには、通信機器と部品の一体化が必須である。

自動運転技術は、車を頭脳となるコンピュータで動かす高度な技術である。カメラ、センサー、レーダーなどで周囲の情報を収集してコンピュータが瞬時に解析し、車を安全に動かす。自動運転技術はドライバーが休憩できるのが目的というよりも、安全性を目的としており、重大事故を減らすのに役立つ。たとえば、運動機能の衰えた高齢者や、危険な運転を招きやすい運転者の癖を認識して、個別に安全運転を補完するようなシステム開発も行われるようになるであろう。自動運転技術はこれからの技術であり、高度なソフトとハードの融合となろう。

車とスマートフォンとの融合も重要である。用途として、無線通信機能によるネット接続、音楽の選択と再生、目的地までの最短ルートの

表示、電動ルーフの開閉、照明の操作、最新ニュースや天気予報等の情報提供がある。車内を無線 LAN スポットにして、同乗者がパソコンを使用し、ゲームなどを楽しめるようにすることも可能である。

トヨタがカーナビ向けアプリケーションの開発環境を外部企業に公開し、マイクロソフトなどの IT 企業との連携を推進している。²⁾ カーナビはスマートフォンにも言えることだが、いかに利便性の高いアプリケーションをユーザーに提供できるかで、車自体の価値を越えてユーザーにアピールできる魅力を持つ。このアプリケーションの開発には多くの外部企業が参加すればするほど、魅力的な成果が生み出される。この価値の提供をトヨタ系列だけで行っていたのでは、時間もかかり成果も少ない。外部企業への開発環境の公開は、これを理解した上でのトヨタの決断と言えよう。やはり、この戦略にもメリットとデメリットがある。外部企業への付加価値の移転を容認するか、または限られたアプリケーションの提供により顧客離れを招くことになるかである。異業種とのコラボレーションは、メリットを保ちつつ、以下に自社に付加価値を多く残すかが最重要課題となろう。

電気自動車である日産リーフは、ネットに接続でき、リチウムイオン電池の状態を日産のデータセンターに送信している進歩的な車である。その結果、日産は車の不具合に関する情報を検知できる。また、車の位置情報も日産のデータセンターに送信できるため、盗難時に車を追跡できる。³⁾

車とスマートフォンとの融合は、どの OS に対応しているかが重要となろう。むしろ、各自のスマートフォンに対応できるような車を選ぶという、主従逆転の発想を持つユーザーが今後出てくるかもしれない。⁴⁾ すでに自動車の新車開発においてソフトウェア開発が 80% を占める時代が到来している。単に良いソフトウェアを開発するという戦略だけでは競争に勝てない。車外とのネット接続や車内の組込みソフトで、どのような標準ソフトを使うのか、グーグルなどの IT 企業と提携するのか、それとも独自のソフトを開発するのかという決断が重要な意味を持つてくる。

このような新車開発の傾向を踏まえた上で、ケースで①車載組込みソフトウェアの標準化、②電気自動車の充電方式の標準化、③自動運転技術の標準化について見ていく。その上で、擦り合わせ型車づくりでは競争優位を持っている日本の自動車メーカーが、今後、車載ソフトウェアの技術開発で、どのような戦略をとっていったならば、自社が獲得してきた付加価値を最

大限に保つことができるのかを考察する。

2. 標準化のケース

2.1 車載組み込みソフトウェアの標準化

日本の自動車メーカーはこれまで独自に車載ソフトを作ってきたが、ドイツ企業を中心に標準規格 AUTOSAR が確立された。最初に、車載組み込みソフトの進展を見ていき、次に車載組み込みソフトウェアの標準規格 AUTOSAR を把握する。最後に日本の自動車メーカーの AUTOSAR に対する取り組み事例と AUTOSAR と ISO26262 の関連性を見ていく。

(1) 車載組み込みソフトウェアの進展

近年、急速に自動車の電子化が進展している。車に ECU (electronic control unit: 電子制御ユニット) の搭載が始まった 1980 年代初頭は、2~3 個程度搭載するだけであったが、現在は 100 個以上もの ECU を搭載する高級車も存在する。車の機能のソフトウェア化によって、機器内部で使用される組み込みソフトウェアの規模や重要性は大きくなる一方である。1960 年代の車はメカニクス志向であったが、1980 年代からはメカトロニクス志向となり、現在の自動車産業では新車開発の 80% にソフトウェアが深く関与している。

自動車の「組み込みソフトウェア」とは、機器固有の機能を実現するソフトウェアである。「組み込みソフトウェア」を組み込んだ機器を「組み込みシステム」と呼ぶ。製品の製造業者によって製造段階で実装されており、ユーザーによって追加・変更・削除が行えないソフトウェアである。

基本的に、ECU はある 1 つの自動車のシステムを制御するために最適化されたハードウェアと車載ソフトウェアから構成されている。しかし、そのシステムの制御には、メインの ECU だけでなく、そのシステムと関わるほかのシステムの ECU からの情報が必要になる。そのため、車内の ECU はネットワークにより接続されており、さまざまな情報を共有している。したがって、新たに ECU を 1 個追加する場合、既存の ECU の車載ソフトウェアに対して、新しい ECU に関連する改変を加える必要がある。

既存の車載ソフトウェアは、特定の自動車メーカーの特定の車種において、特定のシステムを最適に動作させることを目的として開発されている。そのため、自社の新しい車種においても、大規模な改変作業が必要になってしまう。日本の自動車メーカーは、系列の部品メーカーに ECU の開発・生産を依頼している。トヨタで

はデンソーが、ホンダではケイヒンがその役割を果たしている。

組み込みシステムを使用すると、車の様々な機能の取り回しが軽くなり、自由度も増す。そのため、従来、機械制御で行っていた機能は、組み込みシステムに置き換わっている。それを示したのが図 1 である。図 2 は、車を人間にたとえたものであり、センサーが 5 感で、アクチュエータが筋肉、ECU が頭脳、電子制御システムが神経・血管にあたり、ワイヤーハーネスやバッテリーが関わっている。

図 1 機械に置き換わった「組み込みシステム」

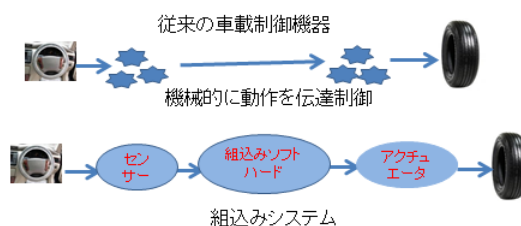
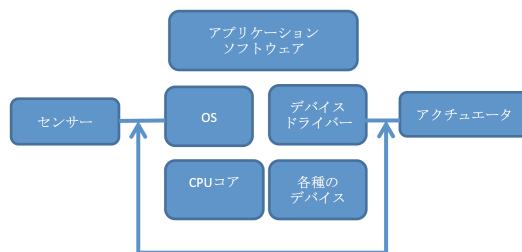


図 2 「センサー」「アクチュエータ」「ECU」「電子制御システム」の関係



W/H (ワイヤーハーネス)

日本の自動車メーカーのソフトウェア開発は、エンジンの電子化から始まった。開発プロセスは文書化されておらず、開発を依頼した企業と頻繁に打ち合わせをするという、擦り合わせ型開発である。自動車の「組み込みソフトウェア」に求められる主なものは、①高い信頼性と安全性 (PC のように不具合時にリセットできない) ②迅速さ (求められる時間内に計算結果を出す時間制約性) ③低価格 (自動車の販売価格を高騰させないために、安定供給される標準的な性能のプロセッサの採用) ④ネットワーク分散システム (多数の ECU が協調動作するシステム) の 4 つである。

迅速さ (時間制約性) に関しては、センサー

で取り込んだ信号を素早く電子制御システムで処理し、アクチュエータで制御しなければならない。受け取った情報を適切なタイミングで処理できなければ、制御できなくなる。

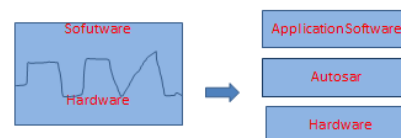
信頼性と安全性に関しては、車外から受け取った情報が間違っている可能性もあるため、車載電子制御機器は独立性を持ちドライバーの安全性を確保する必要がある。パソコンの OS の標準であるウィンドウズがウィルスの攻撃を受けやすいように、電子制御システムで標準規格となりつつある AUTOSAR も、外部からの不正アクセスを受けやすい可能性がある。そうすると車の安全性が脆弱になる。車が PC と異なるのは、人命に関係してくるという点であるため、特に信頼性、安全性と迅速性は高いレベルで必要とされる。

(2) 車載組込みソフトウェアの標準規格 AUTOSAR

欧州の自動車メーカーを中心に車載組込みソフトウェアの標準化が進められている。これは、OS (Operation System) を含む基本ソフトを AUTOSAR (AUTomotive Open System ARchitecture) と呼ばれる標準仕様に統一しようとする活動である。AUTOSAR は、この活動を行っているコンソーシアムの名称でもあり、2003 年に設立された。コンソーシアムの活動は、3 年をひと区切りとしてステップアップしてきた。第 1 期(2004 年～2006 年)では、標準規格としての基本仕様が策定され、続く第 2 期(2007 年～2009 年)では、規格の運用と実車への採用が行われた。R4.0(2009 年末発表)は、マルチコアプロセッサや自動車の機能安全規格 (ISO 26262) などへ対応している。第 3 期 (2010 年～2012 年) には進歩的なリリース 4.0.3 が発表され、ネットワークプロトコルのサポートや、エネルギー管理 ECU への対応がなされた。電気エネルギーを管理する ECU への対応は、特にハイブリッド車や電気自動車で求められている。

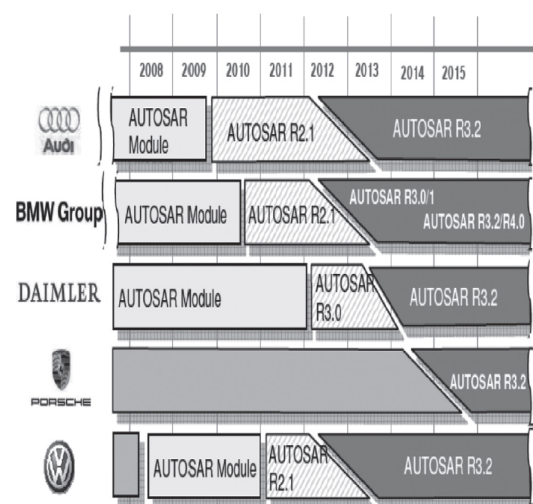
既存の車載ソフトウェアが、特定のハードウェアやシステムに対応するものとして開発されてきたのを示すのが図 3 である。これに対して、AUTOSAR では、各階層で使用するソフトウェアをモジュール化することにより、その再利用が可能になった。その結果、車載ソフトウェア開発の容易さ、サプライヤーとの交渉期間の短縮、規模の経済性、コスト低減等、さまざまなメリットを享受できるようになった。

図 3 既存の車載ソフトウェアと AUTOSAR の相違



AUTOSAR の規格は、図 4 で示されるように 2008 年頃から徐々にアウディ、BMW、ダイムラー、VW、ポルシェなどのドイツの自動車メーカーの量産車に採用されている。

図 4 ドイツの自動車メーカーの量産車に採用された AUTOSAR



(出所) Audi / Daimler, Vector Congress presentation material (2010)

AUTOSAR に対して最も積極的に取り組んでいるのがドイツの部品メーカー、ボッシュである。ボッシュは、AUTOSAR という標準規格をビジネスチャンスとしてとらえており、ボッシュ・グループの製品だけで AUTOSAR に対応する ECU を開発することが可能である。ボッシュは、パワートレイン、横滑り防止装置 (ESC)、アダプティブクルーズコントロール (ACC)、ゲートウェイ ECU、ボディ系システム、自動駐車システムなどを含めて、2006 年から 2014 年にかけて、ほぼ全システムにおいて AUTOSAR を採用することとなった。ボッシュが AUTOSAR の基本ソフトの上に乗りアプリケーションを最適にするノウハ

ウを持っている。そのため、ボッシュはインフラとルールを提供するプラットフォームビジネスを行うことができる。AUTOSARに参加するソフトメーカーや半導体ベンダーなど様々なサードパーティーが、標準化された基本ソフトAUTOSARをプラットフォームとして機能するアプリケーションを開発している。自動車メーカーはアプリケーションで差別化し競争することは可能である。いずれにしろ、今後ボッシュなどの部品メーカーが、AUTOSARを導入する自動車メーカーに対して交渉力を強めることになろう。

(3) 日本の自動車メーカーのAUTOSAR取り組み事例

2009年に入り、日本でもAUTOSARに対するいくつかの取り組み事例が見られるようになった。しかしながらAUTOSARには、ソフトウェアの処理効率が低く、ソフトウェアが重いというデメリットがある。というのは、車載ソフトウェアをAUTOSAR準拠で再構成すると、それまで存在しなかった階層間やモジュール間を結ぶインターフェースなどの影響を受けるからである。そのため、従来のECUよりも高性能のマイコンや大容量のメモリーが必要になる。AUTOSARは使用される様々なケースを想定してできているため、特に小型車にはソフトが冗長で重すぎるため経済的ではない。主力モデルが小型車やミニバンである日本の自動車メーカーにとって、高価なECUが必要になるのであれば、AUTOSARの導入には消極的にならざるを得ない。逆に高級車にはAUTOSARはものたりない。

したがって、日本でAUTOSARの導入を促進するためには、AUTOSARを改善、改良し使いやすくする必要がある。2004年に設立された一般社団法人JASPAR (Japan Automotive Software Platform and Architecture) は、車載電子制御システムのソフトウェアやネットワークの標準化を目指している。JASPARのメンバーであるトヨタ、日産、ホンダは、AUTOSARのJASPAR仕様に準拠した車載ソフトウェアを採用して「AUTOSARカー」を試作している。トヨタは「レクサスLS460」にAUTOSARで動作させる安全システムを搭載、日産は「フーガ」をベースに、AUTOSARを使ってモーターと電気信号だけでステアリング操作を可能にするシステムを搭載、ホンダは「レジェンド」をベースに、AUTOSARで動作するACCシステムとモーターを搭載した。

AUTOSARを導入する場合、車載ソフトウェア開発のエンジニアは、従来の開発プロセスとの相違を把握する必要がある。同時にシステム設

計から実装に至るまでのエンジニアの役割分担を明確にしておかなければならない。

すでに擦り合わせ型車載ソフトと部品を採用している日本の自動車メーカーはAUTOSARを採用しにくい。しかし、独自のECUを持っていないアジアなどの新興国の自動車メーカーにとって、AUTOSARによって開発コストの削減が可能となるため、オープンで標準化されたAUTOSARを活用していくものと思われる。実際、中国ではボッシュECUが事実上の標準である。

日本の自動車メーカーにとって、AUTOSARの採用には多くの調整が必要である。しかし、今後新車開発を短期間で効率的に行わなければならないことを考慮に入れると、多くの工数が削減できるAUTOSARの採用にはメリットがある。日本の自動車メーカーが培ってきた車載ソフトでの競争上の優位性を保ちつつ、AUTOSARの汎用性と低コストというメリットも享受するという二律背反をいかに可能性にするかが今後の課題となろう。

日本の自動車メーカーにとって、国内市場は成熟産業であるが、グローバルにみると、自動車産業はまだ新興国を中心に成長産業である。日本の自動車メーカーは世界第2位のアメリカ市場と世界第3位の国内市場での販売を伸ばしつつも、新興国市場では市場の拡大とともに大幅に販売台数を伸ばしていかなければならない。それには、低価格コンパクトカーで競争力をつける必要がある。日本の自動車メーカーは先進国市場の高級車と、新興国市場の低価格小型車で異なるソフトを使う可能性も残されている。つまり、市場によってダブル・スタンダードを使うことも考えられる。

AUTOSARを導入するかしないかは、互換性＝低コストを追求するか、高性能を追求するかを選択となり、同時にオープン戦略をとるかクローズド戦略をとるかの選択ともなる。ローエンドである小型車市場ではAUTOSARによるモジュラー化と共用化により実現されるコストリーダーシップ戦略をとり、ハイエンドとなる高級車市場では個別の車載組込みソフトにより実現される高性能を追求した差別化戦略をとることができる。

(4) AUTOSARとISO26262

次に、AUTOSARとISO26262の関係を見ていこう。車載組込みシステムに対する機能安全規格世界標準ISO26262が2011年11月に制定された。自動車は、多くの機能が機械的に実現されていたが、近年、電気/電子的に制御される部分が急速に大きくなった。このような急速な高性能化の為、誤動作の被害は多くなりつつある。故障

すると人体に危害を与える可能性があるため、乗用車の安全関連システムに関連する組込みシステムの管理が必要である。このような考えの下に、国際標準である ISO26262 が制定された。しかし、この ISO26262 自体、特にドイツを中心とするヨーロッパの安全性に対する考え方が反映されたものである。その結果、EU の自動車メーカーや部品メーカーでは、AUTOSAR と ISO26262 の間の調整作業は少なく、規制に最も素早く対応できる。

ISO26262 の役割は、AUTOSAR コンソーシアムが AUTOSAR を広めるために ISO26262 を手段として活用し、AUTOSAR を新興国へスムーズに移転することにあると思われる。AUTOSAR の導入は日本の自動車産業にとって、一方では脅威であり、他方では、ソフトウェア開発の複雑性を解消していく絶好の機会である。しかし、全自動車メーカーが標準的な組込みソフトウェアを導入するならば、企業間の差別化がなくなってしまうが、実装の段階で競争すればよい。

2.2 電気自動車の充電方式の標準化

日本企業が先行して独自規格で商品化しているにもかかわらず、後発の欧米企業に規格の標準化を握られてしまった例が、電気自動車の充電方式である。

チャデモ (CHAdeMO) は日本の企業が中心となって作成した電気自動車の充電方式の規格であり、「チャージ」「電気」「ムーブ」の3つの頭文字をとって名づけられた。同時に「充電している合間にお茶でもいかが」という意味合いもある。電気自動車の日産リーフや三菱 i-MiEV は、チャデモ規格を採用している。チャデモの充電インフラは日本だけでなくアメリカ、ドイツ、フランスなどにも整備されつつある。

チャデモ方式は、直流用と交流用の2つの給電口があり、車のリチウムイオン電池に負担がかからないように設計されている。まず、通信により急速充電器の動作情報を車に送る。次に車の ECU が電池の状態に応じて最適な充電電流を指定してから、急速充電器が直流電流を車に供給するのである。

しかし EU ではチャデモ方式に対抗し、コンボ方式を標準規格として採用した。チャデモ方式では給電口は2つだが、コンボ方式はこれを1つの給電口で行うため、利用者にとって使用が簡単であり、メーカーにとっても製造コストが低減する。

コンボ方式が標準規格となったのは、2014 年、EU 議会において「代替エネルギーインフラ整備促進法案」⁵⁾が可決された時である。この法案には欧州各国の公共施設における急速充電器の

規格選定も含まれていた。2013 年に EU 議会に提出された当法案の素案には、チャデモは 2019 年 1 月 1 日までの移行期間のみ建てても良いという文言があった。これにより、充電設備を作ろうとしていた事業者は、チャデモ方式の充電設備への投資をやめてしまった。しかし、すでにチャデモ方式を搭載した電気自動車のユーザーがおり、また、いまだ市場にコンボ方式の電気自動車が存在しなかったため、法案では急速充電設備は、少なくともコンボ方式のコネクターを備えることという文言になった。これにより、欧州ではひとつの充電器にコンボとチャデモの両方の充電口を備える「マルチ方式」の充電器が普及することになると思われる。しかし、2つの充電方式を備えると、設置費が 5~10% 増加する。

公共施設からチャデモ方式が閉め出されることは回避できたが、今後コンボ方式を採用した電気自動車が各社から続々と発売される予定である。一方、世界のチャデモ急速充電器の設置数は確実に増えており、2014 年 4 月、3688 か所ある。内訳は、日本が 1967、欧州が 1117、アメリカが 592、その他 12 である。その増加率は大きく、欧州は前年比 70%以上、アメリカ 360%以上である。⁶⁾

2014 年 7 月末にチャデモ方式をとる日産自動車の『リーフ』の世界累計販売台数が 13 万台を突破し、世界の電気自動車のシェア 45%を占め、世界一の販売台数を誇る電気自動車となった。⁷⁾米国ではチャデモ方式とコンボ方式が共に市場で通用する。チャデモ方式でデファクト・スタンダードを確立するためには、チャデモ方式の電気自動車のシェアをさらに伸ばし、デジューリ・スタンダード⁸⁾となったコンボ方式を形骸化することであろう。

しかし、最後に充電方式の標準規格となるのは、チャデモでも、コンボでもなく、非接触充電になる可能性もある。非接触充電には、「電磁誘導 vs 磁界共鳴」があり、ワイトリシティとクアルコムが開発している。したがって、電気自動車の充電方式の標準化は、「チャデモ vs コンボ」VS「ワイトリシティ vs クアルコム」という二重戦争の様相を呈している。⁹⁾

他国と国境を接している EU では、電気自動車の移動に充電方式の標準規格が必要となるが、日本は島国であるため、独自の充電方式を採用しても不都合は生じない。コンボ方式を採用する電気自動車はこれから EU で多くなると思われる。トヨタは 2014 年に非接触充電技術を持つワイトリシティに資本参加した¹⁰⁾。今後、国内の充電方式の標準も確固としたことが言えないのが現状である。

さて、電気自動車の普及を見てみると、三菱 i-MiEV にしろ、続いて発売された日産リーフも、爆発的なヒットとはなっていない。電気自動車はハイブリッド車と異なり、充電インフラの充実、航続距離がネックとなっている。比較的慎重なユーザーは電気自動車をまだ購買対象としていない。一般ユーザーは、電気自動車のエコロジーに賛同するというよりも、維持費の安さというエコノミーに反応するのであり、かつ、航続距離を心配することなく乗りたいのである。

日産自動車は三菱自動車と 2011 年に合弁会社を設立し、軽自動車を共同開発し販売している。そこからさらに踏み込んで、両社は軽自動車をベースにした電気自動車を共同開発・生産する計画である。電気自動車は 200 キロメートルを電気代 300 円程度で走行することができる。両社の共同開発によって電気軽自動車の価格を小型乗用車程度の価格に抑えることができれば、多くの一般ユーザーを取り込むことができよう。両社は、日本で電気自動車の販売台数がなかなか増加しない現状を打破しようと努力している。

最新技術を市場に導入し、それをデファクト・スタンダードにするには、技術開発企業が技術供与や OEM 供給により、ファミリー企業をつくる戦略が考えられる。たとえば、トヨタはハイブリッドシステムを他の自動車メーカーに技術供与して業界標準を獲得した後、周辺技術の特許で固め、利益をあげていけば良い。これは、オープン戦略とクローズド戦略の組み合わせの妙である。主要技術をオープンにして市場を拡大させ、製品化には必須となる周辺技術を自社内にクローズドにして利益を得る方法である。しかし、ドイツの自動車メーカーは、後発ながらハイブリッドシステムでも業界標準をとろうとしている。日本のハイブリッドシステムと比較して、より低圧の 48V システムの標準規格が 2013 年に策定された。これは、EU の乗用車 CO2 規制に対応したものである。

標準化を避け、各自動車メーカーが独自の製品を開発しているものに、リチウムイオン 2 次電池がある。電気自動車やハイブリッド車に使用されるリチウムイオン 2 次電池では、日本の自動車メーカーはそれぞれに日系電池メーカーと合弁会社を設立し、独自仕様の電池技術を開発し使用している。そしてこの電池が、エコカーの付加価値の大半を占めている。リチウムイオン 2 次電池の製造では、日本の自動車業界を支配する唯一の電機メーカーはない。そのため、日本の自動車メーカーの付加価値が、電機メーカーへ移転することを避けることができた。

たとえば、トヨタはパナソニックと合弁会社「パナソニック EV エナジー」を設立し、日産は

NEC、NEC トーキンと合弁会社「オートモーティブエナジーサプライ (AESC)」を設立した。ホンダは GS ユアサと合弁会社「ブルーエナジー」を設立し、三菱自動車も GS ユアサ、三菱商事と合弁会社「リチウムエナジー・ジャパン」を設立した。

2.3 自動運転技術の標準化

従来の自動車の概念を変えてしまう自動運転技術の開発競争が、激しくなってきた。自動車同士が通信して走行する V2V (Vehicle to Vehicle/車車間通信) 技術は、交通事故防止、渋滞対策に活用できる。また、路車間通信技術も重要である。自動運転はすでに自動駐車や自動衝突回避で実現しており、ユーザーにとって大きな魅力となっている。

日産のゴーン CEO は 2016 年末までに高速道路の単一車線で一部の自動運転を商品化し、2018 年には一般路での車線変更、2020 年には交差点等の複雑な道路状況でも自動運転を商品化すると明言した。¹¹⁾

グーグルはすでに小型二人乗り自動運転車を公開した。グーグルは自動車メーカーではないので、自動運転の車を製造するというよりもソフトに専念し、クラウドによる制御に対するサービス料を徴収することで利益を獲得していくものと考えられる。グーグルの Android が車載 OS の標準になり、自動運転車の制御をすべてグーグルが行った場合、莫大な利益になる。グーグルは自動運転車を制御・管理する将来を見越して、人工知能の開発を行っている。人間の脳を参考としたニューラルネット分野の技術が自動運転に適用できるからである。また、自動運転車をグーグルマップ上で把握することも可能となり、個人の位置情報も獲得できる。さらに、特定な天候状況下でのクラウドを通じた最適なブレーキ操作も可能となろう。¹²⁾

アメリカを中心に自動運転の事業が進展しているが、日本の自動車メーカーは今後どのように対処していくのであろうか。日本には技術力の高い電機メーカーが多い。たとえば、ソニーは自動運転技術に必要な不可欠なセンサーを 2015 年から生産する計画である。ソニーは自動運転車が周囲の状況を確認する車載カメラ用の画像センサーに参入する。¹³⁾ また、運転データの蓄積によって、前もって特定の路上での危険を予測し、自動運転に反映させる「予測技術」の開発にも日本企業は取り掛かり始めている。しかし、日本の自動車メーカーが警戒すべきは、グーグルのようなソフトウェアを得意とする企業であろう。自動運転が実現すると、車の付加価値におけるソフトウェアの比率が高まり、ハー

ドウェアの価値は大きく減少するからである。自動車メーカーは、自動運転車を制御・管理する企業との提携によって、標準化された通信システムで主導権を握られたならば、大きく付加価値を流出させてしまう可能性がある。

3. 自動車産業内の付加価値の移転

3.1 付加価値移転の防止

コンピュータ業界では、多くの付加価値がコンピュータを製造・組立・販売するメーカーから、OSを提供するマイクロソフトと、マイクロプロセッサを支配するインテルへと移転した。しかし、自動車業界では、製造・組立メーカーが業界の時価総額の大部分を占めている。コンピュータ業界のように部品やソフトウェアへ多くの付加価値が移転してはいない。

コンピュータ業界の場合、パソコンがどのブランドかということよりも、OSやマイクロプロセッサのブランドを気にかけるユーザーが多い。つまり、コンピュータ・メーカーに対して、マイクロソフトとインテルのブランドの優位性が確立しており、かつユーザーに対してもコンピュータを利用する上でそれらが重要な役割を果たしていることを納得させている。

しかし、自動車の場合は、トヨタやベンツといった自動車メーカーのブランド名や、プリウスやクラウンといった車名が顧客にとって購入する際の一番の関心事である。電装部品がデンソーか、カルソニックカンセイかといったことを気にする顧客は少ない。高い安全性と素早い操作性を必要とする車では、自動車全体のインテグリティを保証する製造・組立メーカーが業界の中で最も重要な役割を果たしているのである。

自動車メーカー側も、部品メーカーに多くの付加価値が移転するのを意識して避けてきた。たとえば、トヨタはハイブリッド車プリウスの電子部品を内製化しており、デンソーの交渉力を強めないようにしている。¹⁴⁾プリウスのハイブリッドシステムは特許の塊であり、トヨタはモーターの内製化によってコスト低減を図れるが、自社の交渉力の維持も図れるのである。

3.2 交渉力強化の逆効果

しかし、自動車メーカーが部品メーカーに多くの付加価値が移転するのを避ける戦略を過度に強めると、部品メーカーが取引をやめてしまうこともある。たとえば、取引していた部品メーカーが他の自動車メーカーと取引を開始して、系列の自動車メーカーの競争力を低減させた例を見てみよう。トヨタ系列の部品メーカーがトヨタとの取引を中止した理由は、「他社販売申

請制度」にある。当制度は、部品メーカーがトヨタと共同で開発した技術や、独自で開発してもトヨタに最初に納入した技術に関して、他の自動車メーカーに販売する際にトヨタの認可が必要となる制度である。基本的にその技術を一年間は他の自動車メーカーに売らせない。販売認可を受けても、トヨタのライバルメーカーに技術を販売する場合、部品メーカーはトヨタからの批判を受けやすい。¹⁵⁾

このように、トヨタは系列部品メーカーに対して大きな交渉力を持つため、部品メーカーは販売機会を逸してしまう。しかし、このようなトヨタの基本姿勢が部品メーカーの離反を招き、ガソリンエンジンでの燃費の敗北を招いた。つまり、マツダの低燃費エンジン「スカイアクティブ」を搭載した小型車の燃費が、トヨタの小型車の燃費を凌駕する事態となったのである。この技術は、トヨタ系列の部品メーカーが「他社販売申請制度」を嫌い、マツダに新技術を持ち込んだものである。¹⁶⁾このように、交渉力の強化は、取引企業が自社との取引をやめてしまわない程度に抑制しなければならない。ユーザーはタイヤなどのインターフェースが標準化し比較的独立している補修部品には、自己選択の余地があるため、ある程度、部品のブランドに対して敏感である。しかし、事故を起こすのは一部品ではなく統合された一台の車であり、自動車の故障に関して責任を負うのは自動車メーカーである。このように車の品質に対して最終的に法的責任を負うという役割が、自動車メーカーが業界で多くの付加価値を取れる要因ともなっている。

4. ソフトウェアとインターネットがもたらす標準化

これまで日本の自動車メーカーはサプライヤーに対して、自社製品だけの仕様のために設計された擦り合わせ型の部品を納入するよう求めてきた。これがますます自動車メーカーの交渉力を高め、戦略的な支配をサプライヤーに行使してきた。しかし、モノをインターネットでつなぐIoTの時代、ソフトがハードを動かし、かつその重要性が増す時代には、自動車産業でもバリューチェーン内で付加価値の企業間移転が起きる可能性がある。

前述のように、車載組込みソフトの標準化とモジュール化、車外との通信システムの標準化が今後進展しそうである。またユーザーも、車を情報獲得としてのツール、そして自動運転による楽で安全な移動通信拠点として捉えるようになっていくであろう。このような環境下、自動車メーカーはIoTが車の価値を高めるという

ことを理解していても、多くの付加価値が標準的なソフトの提供者へと移転していく可能性があることを、まだ十分に把握していないと思われる。

独自仕様のソフトの使用を将来的に継続していくこともできるが、ソフト開発に時間とコストがかかる。大規模自動車メーカーの場合、独自のソフトを開発、製造しても、規模の経済性によって十分な利益が見込めるかもしれない。したがって、AUTOSAR の導入を回避することもできる。しかし、通信という外部との接続がネットワーク外部性¹⁷⁾によって一つの標準を確立してしまった場合、大規模自動車メーカーといえども、標準化された通信システムを導入せざるを得ない。そうしないと顧客を失うこともありえる。

標準化ソフトの導入にはデメリットもある。自動運転車は、邪悪な意図を持った者の遠隔操作によって制御不能に陥る可能性もあるからである。エンジンの回転数、ブレーキ、アクセルなどの情報を処理する車内回線は、不正な侵入に脆弱である。対策としてファイアーウォールを搭載したり、車内回線の信号を暗号化することが考えられる。¹⁸⁾

同一規格の製品を使う消費者の数が増えるにつれて、消費者の利益が増していくネットワーク外部性は、充電スタンドと車のやり取りという面で、急速充電方式にも生じる。日本国内だけでチャデモ方式を継続することは可能であるが、携帯電話と同じくガラパゴス化してしまう可能性もある。欧米では、一つの急速充電器に2つの方式を備えることも可能である。そのため、急速充電方式はデファクト・スタンダードとして一つの方式に収斂せず、複数共存する可能性もある。

電気自動車を販売しているアメリカのテスラ・モーターズは、電気自動車関連特許を無償で他社に提供する用意があることを2014年6月、明らかにした。その意図は、電気自動車の数を増やして市場自体を拡大することにある。これは、IT業界で新技術を普及させるために使われてきた方法であり、「オープンソース」である。¹⁹⁾これにより、テスラ・モーターズ自体の電気自動車の販売も増加していくと推測される。そして、電気自動車が増加すると急速充電スタンドも増え、それによってますます電気自動車の販売が増えるという良いサイクルに入る。テスラ・モーターズの高級電気自動車セダン「モデルS」の充電方式はチャデモ方式や独自の充電方式に対応している。これは、「オープンソース」化により、自社技術の標準化を進める事例と言えよう。

標準化された車載組込みソフト AUTOSAR の量産車への搭載では、ドイツの自動車メーカーは日本の自動車メーカーを先行している。日本の自動車メーカーの車載組込みソフトの方が、特定の車種にとって最適に作られており、競争優位性を持っている。日本企業は技術志向であり、独自の技術で先行してしまう商品が多々ある。欧米企業は交渉に長けており、後発技術を世界標準にしてしまう術を知っている。日本企業はどちらかというところまで後発の欧米企業に利益を持っていかれる傾向にあった。車載組込みソフトでは、日本の自動車メーカーはドイツのボッシュが主メンバーとなっている AUTOSAR に将来的に付加価値を持っていかれる可能性がある。

自動車の通信システムの標準化が必要となった場合、自動車メーカーはその標準規格を導入せざるを得ない状況に置かれる。しかし、問題はそれを導入するタイミングである。各自動車メーカーは独自の外部との通信システムを構築することができ、短期的にはそれで間に合う。しかし、長期的に見ると、IT企業と協力して標準型の通信ネットワークを構築する必要性が出てくる。自動車メーカーは外部との通信ネットワークでパートナーとなるIT企業に勝てる自信、つまり付加価値の移転を防止できる確信が得られるまでは、標準型の通信ネットワークの導入に慎重でなければならない。

ネットワーク外部性が働く製品は、デファクト・スタンダードを形成しやすいが、ニッチな規格が生き残ることもある。マック OS はパソコンではマイナーな存在であったが、製品を変えて、スマートフォンやタブレットでは大きな存在感を示す規格となった。このようなマイナーな規格が生き残る条件の一つは、企業が垂直統合企業であり、ソフトだけでなくそれを載せるハードの製品も自社ブランドで販売している時である。マイナーなソフト規格がイノベーティブな新商品に使われ、市場導入された時に、その規格が主たる規格として再浮上することがある。アップルの iOS を搭載した iPad や iPhone などの新商品が市場導入されると、かえって差別化されて市場を独占する期間が長期化しやすい。

したがって、日本の自動車メーカーが標準とらなかった独自の車載組込みソフトで新しい操作システムを開発した場合、そのイノベーションから生ずる利益を独占する期間は長期化しやすいということも類推できる。特にエンジン制御系のソフトとハードの関係はクローズドなアーキテクチャをとっているため、日本の自動車メーカーはこの分野で長期的に利益を上げて

いくことができよう。電気自動車や燃料電池車の普及には、まだ長い期間を要するため、日本の自動車メーカーが得意とするハイブリッドシステムによる製品差別化が、今後も利益を生み出す源泉となると思われる。自動車は高い安全性が求められる複雑な擦り合わせ型製品であるため、低燃費や安全性をさらに追求したハイブリッドシステムに関するイノベーションは、ソフトウェアだけで実現できるものではない。革新的なハードの開発とそれを制御する独自の車載組込みソフトは、ライバル企業の模倣を困難にし、日本の自動車メーカーの長期的な競争優位を可能にするものであると考えられる。

5. 結論

自動車に対する市場ニーズの変化によって引き起こされる企業間の付加価値の移転に関し、次のような提言をすることができる。市場ニーズに変化が生じ、顧客が製品に新しい価値を求める。企業は新しい価値を提供するために、製品に技術的变化を組み込む。その技術にネットワーク外部性が生ずる場合、部品やシステム自体、またはそのインターフェースが標準化されやすい。その新しいビジネスチャンスを狙って、標準化を得意とする新規企業が業界に参入してくる。そして既存企業の付加価値の一部または多くが、標準化を制した新規参入企業へ移転される可能性が高まる。既存企業がそれを阻止するためには、付加価値の移転が生ずる要因についてよく理解し、付加価値を自社に囲い込むための解決策を見つける必要がある。その解決策は、標準化の導入のタイミングを勘案しながら、自社が競争力を持つ部分を維持しておくことである。一方、標準化を導入しないという戦略もとることができる。ハードとそれに最適な独自のソフトは、最も効率的な設計であり、顧客ニーズの変化をすぐに設計に反映することができる。制御された自動車専用のインターネットを構築するならば、安全性に対するリスクも回避することができ、競争優位へとつながる。

参考文献

山田英夫『デファクト・スタンダード』白桃書房、2004年。
徳田昭雄編著『自動車のエレクトロニクス化と標準化』晃洋書房、2008年。
デンソーテクニカルレビュー、vol. 18, 2013年12月。

(2014年9月30日受付)

(2014年12月3日採録)

注

- ¹⁾ 日本経済新聞、2014年7月24日。
- ²⁾ 日本経済新聞、2014年7月23日。
- ³⁾ 日本経済新聞、2014年5月6日。
- ⁴⁾ ジェームス E. ヘブルマン著、「企業の競争力がサービスとソフトウェアで築かれる時代」Diamond Harvard Business, June 2014, pp. 128~129.
- ⁵⁾ http://response.jp/article/2014/06/02/224470.html?gp=1_email_20140602
- ⁶⁾ <http://response.jp/article/2014/06/02/224470.html>
- ⁷⁾ 日本経営学会第88回、日産自動車、代表取締役副会長、志賀俊之講演資料より(国士舘大学、2014年9月4日)。
- ⁸⁾ ISOやJISなどの標準化団体によって定められた標準規格のことである。これに対して、デファクト・スタンダード (de facto standard) は事実上の標準である。
- ⁹⁾ <http://topic.conplan.biz/?day=20121102>
- ¹⁰⁾ e2a.jp/review/110620.shtml
- ¹¹⁾ http://www.nissan-global.com/JP/NEWS/2014/_STORY/140717-01-j.html
- ¹²⁾ http://www.nikkei.com/article/DGXNASFK21016_R20C13A3000000?df=3
- ¹³⁾ 日本経済新聞、2014年8月15日。
- ¹⁴⁾ トヨタ本社工場機械部技術員室技術開発グループが、ハリアーとプリウスのHVユニット用モーターの製造ラインを担当している(トヨタのホームページより)。
- ¹⁵⁾ 黒川文子著『製品開発の組織能力』中央経済社、2005年、128頁。
- ¹⁶⁾ 日経ビジネス、No. 1747, 2014. 06. 30, 36~37頁。
- ¹⁷⁾ ネットワーク外部性とは、同一規格の財を使う消費者の数が増えるにつれて、消費者の便益が増すことを言う。
- ¹⁸⁾ 日本経済新聞、2014年8月8日。
- ¹⁹⁾ 日本経済新聞、2014年8月6日。